

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. April 2004 (08.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/028847 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B60K 31/00, B60T 7/22(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse
225, 70567 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/009643

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. August 2003 (30.08.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

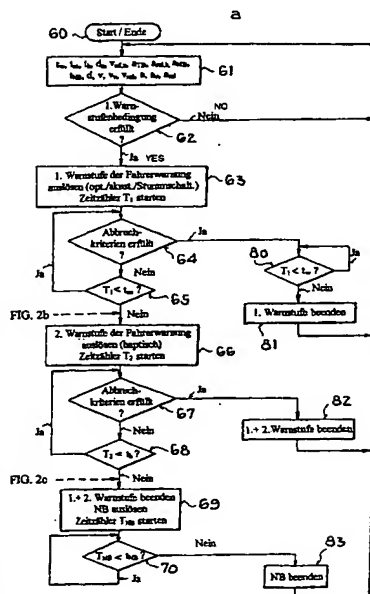
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 43 978.8 20. September 2002 (20.09.2002) DE
102 58 617.9 16. Dezember 2002 (16.12.2002) DE(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DÖRR, Heiko
[DE/DE]; Babelsberger Strasse 11, 10715 Berlin (DE).
GUT, Matthias [DE/DE]; Robert-Mayer-Strasse 30/4,
72760 Reutlingen (DE). MENDT, Wolfram [DE/DE];
Liebermannweg 5, 38642 Goslar (DE). SCHÄFFERS,
Lorenz [DE/DE]; Erkenbergweg 1, 73235 Weilheim (DE).
SCHERHAUFER, Ingo [DE/DE]; Lortzingweg 8, 73663
Berglen (DE). TROST, Jürgen [DE/DE]; Ziegelwasen-
strasse 1, 72661 Grafenberg (DE). VOLK, Gert [DE/DE];
Fuggerstrasse 25, 70563 Stuttgart (DE). VOSS, Ursula

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TRIGGERING AN AUTOMATIC EMERGENCY BRAKING PROCESS OF A VEHICLE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR AUSLÖSUNG EINES SELBSTTÄTIGEN NOTBREMSVORGANGS EINES FAHRZEUGS



60... START/END
62... WARNING STEP CONDITION FULFILLED
63... 1ST WARNING STEP OF THE DRIVER WARNING TRIGGERED (OPT/ACCOUST/AUT/ING), TIME METER T₁ STARTED
64... INTERRUPTION CRITERIA FULFILLED
65... 1ST WARNING STEP OF THE DRIVER WARNING TRIGGERED (HAPTIC), TIME METER T₁ ENDED
66... 2ND WARNING STEP OF THE DRIVER WARNING TRIGGERED (HAPTIC), TIME METER T₂ STARTED
67... INTERRUPTION CRITERIA FULFILLED
68... 1ST AND 2ND WARNING STEPS ENDED NB TRIGGERED, TIME METER T₂ ENDED
69... 1ST AND 2ND WARNING STEPS ENDED NB TRIGGERED, TIME METER T₂ ENDED
70... NB ENDED
71... 1ST AND 2ND WARNING STEPS ENDED
72... 1ST WARNING STEP ENDED

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for triggering an automatic emergency braking process of a vehicle, especially a heavy goods vehicle. This offers an assistance function for preventing a vehicle from colliding with a vehicle in front or for avoiding an accident if a collision is unavoidable. A driver warning is triggered when a pre-determined warning condition (62) is fulfilled. The fulfilling of the warning condition (62) indicates that, as a result of the momentary driving situation of the vehicle, after a pre-determined warning period ($t_w = t_{oa} + t_h$), the automatic emergency braking process is to be triggered in order to prevent the vehicle from colliding with the vehicle in front. The momentary driving situation is obtained at least from the determined acceleration (a) of the vehicle and/or the determined relative acceleration (a_{rel}) between the vehicle and the vehicle in front.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Auslösung eines selbsttätigen Notbremsvorgangs eines Fahrzeugs, insbesondere eines Lastkraftwagens. Diese bietet eine Assistenzfunktion zur Vermeidung eines Auffahrens des Fahrzeugs auf ein vorausfahrendes Fahrzeug bzw. zur Verminderung der Unfallfolgen, wenn ein Auffahren unvermeidbar ist, wobei die Auslösung einer Fahrerwarnung erfolgt, wenn eine vorgegebene Warnbedingung (62) erfüllt ist. Die Erfüllung der Warnbedingung (62) gibt an, dass nach Ablauf einer vorgegebenen Warnzeitdauer ($t_w = t_{oa} + t_h$) zur Vermeidung des Auffahrens des Fahrzeugs auf das vorausfahrende Fahrzeug der selbsttätige Notbremsvorgang auszulösen ist. Die momentane Fahrssituation ergibt sich hierbei zumindest aus der ermittelten Beschleunigung (a) des Fahrzeugs und/oder der ermittelten Relativbeschleunigung (a_{rel}) zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug.



[DE/DE]; Walter-Heller-Strasse 33B, 70563 Stuttgart (DE).

(74) **Anwälte:** WIED, Armin usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM-C106, 70546 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** JP, US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

DaimlerChrysler AG

Verfahren und Vorrichtung zur Auslösung eines selbsttätigen
Notbremsvorgangs eines Fahrzeugs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Auslösung eines selbsttätigen Notbremsvorgangs eines Fahrzeugs, insbesondere eines Lastkraftwagens, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. des Patentanspruchs 22. Die Erfindung bietet eine Assistenzfunktion zur Vermeidung eines Auffahrens des Fahrzeugs auf ein vorausfahrendes Fahrzeug bzw. zur Verminderung der Unfallfolgen, wenn ein Auffahren unvermeidbar ist, wobei die Auslösung einer Fahrerwarnung erfolgt, wenn eine gegebene Warnbedingung erfüllt ist. Die Erfüllung der Warnbedingung gibt an, dass nach Ablauf einer vorgegebenen Warnzeitdauer der selbsttätige Notbremsvorgang auszulösen ist.

In der Druckschrift DE 41 01 759 A1 ist ein automatisches Bremssystem für ein Fahrzeug veröffentlicht. Das Bremssystem umfasst allgemein einen Geschwindigkeitssensor zum Feststellen der Fahrzeuggeschwindigkeit und einen Abstandssensor zum Feststellen des Abstands zwischen dem Fahrzeug und dem vorausfahrenden Fahrzeug. Das Bremssystem bestimmt auf der Basis der Relativgeschwindigkeit und des Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug eine Grenzzeit, die erforderlich ist, bis das Fahrzeug auf das vorausfahrende Fahrzeug aufprallt, um durch Betätigung einer Alarmvorrichtung dem Fahrer des Fahrzeugs ein Alarmsignal zu geben, wenn bei nicht getretenem Bremspedal die Grenzzeit kürzer als ein vorgegebener Grenzwert wird. Tritt der Fahrer des Fahrzeugs auf die

Abgabe des Alarmsignals hin nicht das Bremspedal, so wird nach Ablauf eines fest oder variabel vorgegebenen Zeitintervalls ein automatischer Bremsvorgang durchgeführt, um die Fahrzeuggeschwindigkeit zur Vermeidung eines Aufpralls auf das vorausfahrende Fahrzeug soweit zu verringern, bis die Grenzzeit wieder größer als der vorgegebene Grenzzeitschwellenwert ist.

Aufgrund der Art und Weise, in der die Einstellung des vorgegebenen Grenzzeitschwellenwerts durch das Bremssystem erfolgt, besteht die Möglichkeit, dass der vorgegebene Grenzzeitschwellenwert zu kurz ist, um mittels Durchführung des automatischen Bremsvorgangs einen Aufprall auf das vorausfahrende Fahrzeug vermeiden zu können. In diesem Fall ist die ausschließliche Betrachtung der Grenzzeit bis zum Aufprall nicht ausreichend, und das Bremssystem bestimmt zusätzlich auf Basis der Fahrzeuggeschwindigkeit und des Reibungskoeffizienten zwischen der Straßenoberfläche und den Fahrzeugreifen einen Anhalteweg, der zum Anhalten des Fahrzeugs erforderlich ist. Ist die Grenzzeit größer als der vorgegebene Grenzzeitschwellenwert, der Abstand zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug aber kleiner als der bestimmte Anhalteweg, so wird ebenfalls nach Abgabe des Alarmsignals der automatische Bremsvorgang des Fahrzeugs durchgeführt, und zwar solange, bis der Abstand wieder größer als der aktuell bestimmte Anhalteweg ist.

Sowohl bei der Bestimmung der Grenzzeit als auch bei der Bestimmung des Anhaltewegs ist es nachteilig, dass die Betrachtung der Fahr- bzw. Verkehrssituation nur in vereinfachter Weise erfasst wird. In komplexen Verkehrssituationen wird daher unter Umständen eine Aufprallgefahr auf das vorausfahrende Fahrzeug nicht erkannt oder falsch eingeschätzt, sodass die Abgabe des Alarmsignals und damit gegebenenfalls die Durchführung des automatischen Bremsvorgangs zu früh, zu spät, überhaupt nicht oder in unnötiger Weise erfolgt.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem bzw. bei der in komplexen Verkehrssituationen die Wahrscheinlichkeit einer Fehlauslösung des Fahreralarms und damit des selbsttätigen Notbremsvorgangs verringert wird.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 bzw. des Patentanspruchs 22 gelöst.

Die Fahrerwarnung wird ausgelöst, wenn eine vorgegebene Warnbedingung erfüllt ist, wobei die Erfüllung der Warnbedingung angibt, dass aufgrund der momentanen Fahrsituation des Fahrzeugs und einer vorgegebenen Notbremsverzögerung bei Ablauf einer vorgegebenen Warnzeitdauer zur Vermeidung eines Auffahrens des Fahrzeugs auf das vorausfahrende Fahrzeug bzw. zur Verminderung der Unfallfolgen, wenn ein Auffahren unvermeidbar ist, der selbsttätige Notbremsvorgang auszulösen ist, mit dem Ziel, mit Beendigung des selbsttätigen Notbremsvorgangs eine vorgegebene Zielrelativgeschwindigkeit und/oder einen vorgegebenen Zielsicherheitsabstand zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zu erreichen. Durch geeignete Vorgabe der Zielrelativgeschwindigkeit und/oder des Zielsicherheitsabstands kann unter anderem erreicht werden, dass die Auslösung des Fahreralarms und damit die Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs nicht früher erfolgt, als zur Vermeidung eines Auffahrens auf das vorausfahrende Fahrzeug notwendig ist. Die momentane Fahrsituation ergibt sich hierbei zumindest aus der ermittelten Beschleunigung des Fahrzeugs und der ermittelten Relativbeschleunigung zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug. Durch Einbeziehung dieser Größen ist es möglich, dass die Gefahr eines Auffahrens des Fahrzeugs auf das vorausfahrende Fahrzeug bei einer Vielzahl von komplexen Verkehrssituationen zuverlässig erkannt bzw. korrekt eingeschätzt wird. Der Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung bietet sich insbesondere in Zusammenhang mit Lastkraftwagen an, da gerade

hier aufgrund der hohen Fahrzeugmassen ein Auffahren auf das vorausfahrende Fahrzeug in der Regel schwerwiegende Folgen hat. Es wird nicht nur eine Auffahrgefahr auf ein vorausfahrendes Fahrzeug, sondern natürlich auch auf jedes andere bewegliche oder feste Hindernis erkannt.

Vorteilhafte Ausführungen des erfindungsgemäßen Verfahrens gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Vorteilhafterweise erfolgt die Fahrerwarnung in für den Fahrer des Fahrzeugs optisch und/oder akustisch und/oder haptisch wahrnehmbarer Weise. So ist es möglich, den Fahrer unmissverständlich darauf aufmerksam zu machen, dass die Gefahr des Auffahrens auf das vorausfahrende Fahrzeug besteht und daher bei Ablauf der vorgegebenen Warnzeitdauer der selbsttätige Notbremsvorgang ausgelöst wird.

Um den selbsttätigen Notbremsvorgang sicherer zu gestalten, kann dem Fahrzeug bereits vor dessen Auslösung kinetische Energie entzogen werden, indem eine haptisch für den Fahrer des Fahrzeugs wahrnehmbare Fahrerwarnung in Form eines Teilbremsvorgangs des Fahrzeugs mit einer vorgegebenen Teilbremsverzögerung erfolgt. Die vorgegebene Teilbremsverzögerung ist hierbei kleiner als die vorgegebene Notbremsverzögerung.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, den selbsttätigen Notbremsvorgang nur dann auszulösen, wenn eine gegebene Notbremsbedingung erfüllt wird und die vorgegebene Warnzeitdauer abgelaufen ist. So kann nochmals die Notwendigkeit des selbsttätigen Notbremsvorgangs vor dessen Auslösung überprüft werden.

Die Notbremsverzögerung oder eine damit zusammenhängende Größe, wie der Notbremsdruck, die Notbremskraft oder das Notbremsmoment, kann entweder fest oder aber einstellbar vorgegeben werden. In letzterem Fall besteht die Möglichkeit, in Abhängigkeit von Größen, die beispielsweise die Fahrzeugmas-

se, den Belagreibwert der Radbremseinrichtungen des Fahrzeugs, die Fahrbahnbeschaffenheit oder die Sichtverhältnisse beschreiben, beispielsweise eine tatsächlich erreichbare Maximalbremsverzögerung zu ermitteln und den Wert der vorgegebenen Notbremsverzögerung entsprechend der ermittelten tatsächlich erreichbaren Maximalbremsverzögerung einzustellen. Einfacherweise kann der Wert der Notbremsverzögerung auch fest vorgegeben werden, wobei in diesem Fall vorzugsweise von einer durchschnittlich erreichbaren Maximalbremsverzögerung ausgegangen wird, deren Wert typischerweise im Bereich zwischen 5 m/s^2 und 7 m/s^2 liegt.

Entsprechendes gilt für die Vorgabe der Warnzeitdauer, die ebenfalls fest oder einstellbar erfolgen kann. Eine fest vorgegebene Warnzeitdauer hat den Vorteil, dass dem Fahrer der Zeitpunkt der Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs bekannt ist und dieser nicht unerwartet bzw. unvorhersehbar eintrifft. Ein geeigneter Wert der vorgegebenen Warnzeitdauer kann aufgrund von Fahrversuchen ermittelt werden. Dieser liegt typischerweise im Bereich zwischen 1,7 und 2,3 Sekunden. Andererseits ist es denkbar, den Wert der vorgegebenen Warnzeitdauer in Abhängigkeit von Größen, die beispielsweise die Fahrzeugmasse, den Belagreibwert der Radbremseinrichtungen des Fahrzeugs, die Fahrbahnbeschaffenheit oder die Sichtverhältnisse beschreiben, einzustellen. Hierbei wird vorzugsweise ein Mindestwert der Warnzeitdauer vorgegeben, der nicht unterschritten werden soll, damit dem Fahrer grundsätzlich ausreichend Zeit bleibt, sich auf die Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs vorzubereiten oder vorher noch selbst einzugreifen.

Auch die Zielrelativgeschwindigkeit kann entweder fest oder aber einstellbar vorgegeben werden. Hierbei ist es von Vorteil, wenn der Wert einer fest vorgegebenen Zielrelativgeschwindigkeit in etwa Null beträgt. In diesem Fall wird die Eigengeschwindigkeit des Fahrzeugs durch den selbsttätigen Notbremsvorgang nur soweit wie unbedingt nötig verringert, um

ein Auffahren des Fahrzeugs auf das vorausfahrende Fahrzeug zuverlässig zu verhindern. Jede darüber hinausgehende Verringerung der Eigengeschwindigkeit ist unnötig und stellt insbesondere für nachfolgende Fahrzeuge eine zusätzliche Gefahr dar.

Ferner kann auch der Zielsicherheitsabstand fest oder einstellbar vorgegeben werden. Eine Einstellung des Werts des Zielsicherheitsabstands kann entweder in Abhängigkeit von Größen, die beispielsweise die Fahrzeugmasse, den Bremsbelagreibwert der Radbremseinrichtungen des Fahrzeugs, die Fahrbahnbeschaffenheit, die Fahrzeuggeschwindigkeit oder die Sichtverhältnisse beschreiben, oder aber manuell durch den Fahrer des Fahrzeugs erfolgen. Hierbei ist vorzugsweise ein Mindestwert für den Zielsicherheitsabstand vorgegeben, sodass ein allzu dichtes Auffahren auf das vorausfahrende Fahrzeug mit Beendigung des selbsttätigen Notbremsvorgangs verhindert wird. Der Einfachheit halber kann die Vorgabe des Werts des Zielsicherheitsabstands auch fest vorgegeben werden, typischerweise liegt dieser dann zwischen Null und einigen Metern.

Vorteilhafterweise unterbleibt bei Vorliegen von Fahreraktivität und/oder bei Verringerung der Auffahrgefahr die Auslösung einer Fahrerwarnung und/oder die Intensität der Fahrerwarnung wird angepasst. Auf diese Weise wird vermieden, dass der Fahrer des Fahrzeugs unnötig ausgelöste Fahrerwarnungen als störend empfindet und die erfindungsgemäße Vorrichtung auf Dauer abschaltet, sodass das erfindungsgemäße Verfahren nicht durchgeführt wird.

Weiterhin kann bei Vorliegen von Fahreraktivität und/oder bei Verringerung der Auffahrgefahr eine bereits ausgelöste Fahrerwarnung beendet und/oder verändert werden und/oder die Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs unterbleiben. Zum einen wird dem Fahrer des Fahrzeugs solange wie möglich die Gelegenheit gegeben, geeignete Gegenmaßnahmen zur Vermeidung

dung des Auffahrens auf das vorausfahrende Fahrzeug zu treffen, und zum anderen wird eine zwischenzeitlich unnötig gewordene Fahrerwarnung nicht weiter aufrechterhalten und/oder ein zwischenzeitlich unnötig gewordener selbsttätiger Notbremsvorgang gar nicht erst ausgelöst.

Es ist möglich, den selbsttätigen Notbremsvorgang automatisch bei Ablauf der vorgegebenen Warnzeitdauer auszulösen, sofern die Fahrerwarnung nicht während der vorgegebenen Warnzeitdauer abgebrochen wird. In diesem Fall ist dem Fahrer des Fahrzeugs der Zeitpunkt der Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs bekannt, und er hat Gelegenheit, geeignete Gegenmaßnahmen zur Vermeidung des Auffahrens auf das vorausfahrende Fahrzeug zu treffen.

Um den Erfolg eines bereits ausgelösten selbsttätigen Notbremsvorgangs nicht durch einen vorzeitigen Abbruch von Seiten des Fahrers zu gefährden, wird dieser erst dann abgebrochen, wenn eine ermittelte Notbremszeitdauer abgelaufen ist und/oder wenn die vorgegebene Zielrelativgeschwindigkeit und der vorgegebene Zielsicherheitsabstand erreicht sind. Die Notbremszeitdauer hängt ab von der momentanen Fahrsituation beim Auslösen des selbsttätigen Notbremsvorgangs, der vorgegebenen Notbremsverzögerung, der Zielrelativgeschwindigkeit und dem Zielsicherheitsabstand.

Vorteilhafterweise besteht die Fahrerwarnung aus wenigstens zwei Warnstufen, die innerhalb der vorgegebenen Warnzeitdauer der Fahrerwarnung zeitlich nacheinander ausgelöst werden, wobei jeder Warnstufe eine vorgegebene Warnstufenzeitdauer zugeordnet ist. Somit ist es möglich, die Fahrerwarnung durch Verwendung unterschiedlich dringlicher Warnstufen aufzubauen, wobei die Dringlichkeit der Warnstufen mit Abnahme der bis zur Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs verbleibenden Zeit zunehmen kann, sodass der Fahrer auf die kürzer werdende Zeitspanne bis zur Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs hingewiesen wird.

Die Warnstufenzeitdauer einer Warnstufe kann fest oder aber einstellbar vorgegeben sein. Eine fest vorgegebene Warnstufenzeitdauer hat den Vorteil, dass dem Fahrer der Zeitpunkt der Auslösung einer gegebenenfalls nachfolgenden Warnstufe und/oder des selbsttätigen Notbremsvorgangs bekannt ist und dieser nicht unerwartet bzw. unvorhersehbar eintrifft.

Daneben besteht die Möglichkeit, den Wert der Warnstufenzeitdauer einer Warnstufe in Abhängigkeit von Größen einzustellen, die beispielsweise die Fahrzeugmasse, den Bremsbelagreibwert der Radbremseinrichtungen des Fahrzeugs, die Sichtverhältnisse oder die Fahrbahnbeschaffenheit beschreiben. So kann beispielsweise die letzte und damit in der Regel dringlichste Warnstufe umso früher ausgelöst werden, je ungünstiger die Verhältnisse zur Vermeidung des Auffahrens durch Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs sind.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, nach Auslösung einer ersten Warnstufe nur dann wenigstens eine weitere Warnstufe auszulösen, wenn eine der weiteren Warnstufe jeweils zugeordnete, vorgegebene Warnbedingung erfüllt ist. So lässt sich die Notwendigkeit der Auslösung jeder weiteren Warnstufe überprüfen und die Auslösung unnötiger, der tatsächlichen Auffahrfahrer unangemessener Warnstufen vermeiden.

Bei Vorliegen von Fahreraktivität und/oder bei Verringerung der Auffahrfahrer kann wenigstens eine der bereits ausgelösten Warnstufen beendet werden und/oder die Auslösung weiterer Warnstufen unterbleiben. So wird vermieden, dass der Fahrer des Fahrzeugs unnötig ausgelöste Warnstufen als störend empfindet und die erfindungsgemäße Vorrichtung deaktiviert.

Hierbei ist es auch möglich, eine bereits ausgelöste Warnstufe, die beispielsweise in Form einer optischen Fahrerwarnung vorliegt, bis zum Ablauf der vorgegebenen Warnzeitdauer aufrechtzuerhalten und lediglich weitere Warnstufen nicht auszulösen, um den Fahrer auf die potentiell bestehende Auffahrfahrer hinzuweisen.

Zweckmäßigerweise wird das Vorliegen von Fahreraktivität aufgrund einer Betätigung wenigstens eines der Bedienelemente des Fahrzeugs erkannt, wobei das Bedienelement insbesondere zur Änderung der Längs- oder Querdynamik des Fahrzeugs dient. Zu den Bedienelementen, die zur Erkennung der Fahreraktivität geeignet sind, zählen beispielsweise das Fahrpedal, das Bremspedal, das Kupplungspedal, das Lenkrad oder die Richtungsgeber des Fahrzeugs.

Eine Verringerung der Auffahrgefahr kann in einfacher Weise anhand eines mit der Zeit zunehmenden Abstands zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug und/oder einer mit der Zeit abnehmenden Relativgeschwindigkeit zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug erkannt werden.

Um die Gefahr eines Auffahrens des Fahrzeugs auf das vorausfahrende Fahrzeug auch in komplexen Verkehrssituationen zuverlässig erkennen bzw. korrekt einschätzen zu können, wird die momentane Fahrsituation des Fahrzeugs in Abhängigkeit des ermittelten Abstands zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug und/oder der ermittelten Geschwindigkeit des Fahrzeugs und/oder der ermittelten Relativbeschleunigung zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug und/oder der ermittelten Beschleunigung des Fahrzeugs und/oder der Fahrbahnneigung und/oder von Reibwerten zwischen der Fahrbahn und den Fahrzeugrädern bestimmt.

Damit die Gefahr möglicher Folgeunfälle verringert wird, kann bei Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs eine Warnung vorausfahrender und/oder hinterherfahrender Fahrzeuge erfolgen. Hierzu werden beispielsweise die Bremslichter, die Fahrzeughupe, die Warnblinker oder das Fahr- oder Fernlicht des Fahrzeugs betätigt.

Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Auslösung eines selbsttätigen Notbremsvorgangs eines Fahrzeugs wird im folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 2a ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form eines Flussdiagramms,
- Fig. 2b eine alternatives Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 2c ein weiteres alternatives Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens und
- Fig. 3 eine beispielhafte Darstellung des zeitlichen Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 5 zur Auslösung eines selbsttätigen Notbremsvorgangs eines Fahrzeugs. Diese stellt eine Assistenzfunktion zur Vermeidung des Auffahrens des Fahrzeugs auf ein vorausfahrendes Fahrzeug bereit, wobei zumindest die Auffahrfolgen vermindert werden, falls das Auffahren auf das vorausfahrende Fahrzeug unvermeidbar ist. Hierzu weist die Vorrichtung 5 eine Sensoreinheit 11 auf, mit einem Abstandssensor 6 zur Messung des Abstands d zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug und einem Relativgeschwindigkeitssensor 12 zur Messung der Relativgeschwindigkeit v_{rel} zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug. Die entsprechenden Messsignale werden einer Auswerteeinheit 7 zugeführt. Um eine höhere Messgenauigkeit zu erreichen, können zur Messung des Abstands d und der Relativgeschwindigkeit v_{rel} verschiedene, jeweils am besten geeignete physikalische Messverfahren ver-

wendet werden. Als Abstandssensor 6 und/oder Relativgeschwindigkeitssensor 12 werden beispielsweise Radarsensoren verwendet.

Bei einem Fahrzeug mit manuellem Schaltgetriebe weist die Vorrichtung 5 ein Fahrpedal 8, ein Bremspedal 9 und ein Kupplungspedal 10 auf. Das Fahrpedal 8 wirkt mit einem Fahrpedalsensor 15 zusammen, der die Fahrpedalauslenkung l registriert und in ein entsprechendes Signal umwandelt. Ein Bremspedalsensor 16 erfasst die Bremspedalauslenkung s und erzeugt ein entsprechendes Signal. Die Signale werden der Auswerteeinheit 7 zugeführt. Eine Kupplungspedalauslenkung w des Kupplungspedals 10 wird durch einen mit der Auswerteeinheit 7 verbundenen Kupplungspedalgeber 17 erfasst. Bei einem Fahrzeug mit Automatikgetriebe oder automatisiertem Schaltgetriebe fehlen natürlich Kupplungspedal 10 und Kupplungspedalgeber 17. Weiterhin ist ein Lenkrad 18 vorhanden, das mit einem Lenkwinkelsensor 19 zusammenwirkt, der den am Lenkrad 18 eingestellten Lenkradwinkel α registriert und in ein entsprechendes Signal umwandelt. Die Drehzahlen der nicht dargestellten Fahrzeugräder werden mittels Raddrehzahlsensoren 20 erfasst. Die Signale des Lenkwinkelsensors 19 und der Raddrehzahlsensoren 20 werden ebenfalls der Auswerteeinheit 7 zugeführt.

Zusätzlich wird von der Auswerteeinheit 7 neben einer Betätigung des Richtungsgebers 25 die Fahrzeugmasse, der Bremsbelagreibwert der Radbremseinrichtungen des Fahrzeugs, die Sichtverhältnisse und die Fahrbahnbeschaffenheit berücksichtigt. Die Fahrzeugmasse ergibt sich aus der Summe der Fahrzeugleermasse und der zugeladenen und/oder angehängten Masse. Die Bestimmung der Fahrzeugmasse erfolgt entweder selbsttätig durch eine mit der Auswerteeinheit 7 verbundene Massebestimmungseinheit 26, beispielsweise nach Art der in DE 38 43 818 C1 veröffentlichten Vorrichtung, oder aber alternativ mittels manueller Eingabe durch den Fahrer über eine Masseeingabeeinheit 27. Die Berücksichtigung des Bremsbelagreibwerts der Radbremseinrichtungen erfolgt beispielsweise gemäß des in DE

199 11 902 C1 dargestellten Verfahrens, das vorzugsweise durch die Auswerteeinheit 7 mitausgeführt wird. Zur Bestimmung der umgebenden Sichtverhältnisse und der Fahrbahnschaffenheit sind entsprechende Sensoren 28, 29 vorhanden.

Die Auswerteeinheit 7 steuert ihrerseits nach Auswertung der auf sie geführten Signale eine Antriebsmittelsteuerung 35 der Antriebsmittel 36, eine Bremsmittelsteuerung 37 der Bremsmittel 38 und damit der Radbremseinrichtungen 39 des Fahrzeugs, eine optische Warneinrichtung 45, eine akustische Warneinrichtung 46, die Fahrzeughupe 47 und Leuchteinrichtungen 48 des Fahrzeugs an. Die Antriebsmittel 36 des Fahrzeugs sind lediglich durch die Antriebsmittelsteuerung 35 vertreten, der Übersichtlichkeit ist der neben der Antriebsmittelsteuerung 35 ebenfalls zu den Antriebsmitteln 36 gehörende Antriebsstrang, der Motor, Getriebe, etc. umfasst, nicht gezeigt. Zu den Leuchteinrichtungen 48 gehören beispielsweise die Warnblinker, die Bremslichter oder das Fahr- und Fernlicht des Fahrzeugs.

Die Assistenzfunktion wird zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens über einen mit der Auswerteeinheit 7 verbundenen Schalter 49 aktiviert und deaktiviert. Der Schalter 49 ist beispielsweise Teil einer Bedienoberfläche einer im Fahrzeug bereits vorhandenen Kombiinstrumenteinheit.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form eines Flussdiagramms. Bevor hierauf näher eingegangen wird, werden zum besseren Verständnis zunächst einige Grundlagen näher erläutert.

Für die von einem Fahrzeug zum Zeitpunkt t zurückgelegte Strecke $s(t)$ gilt

$$s(t) = s(0) + \int_0^t v(t) dt \quad , \quad (1)$$

wobei sich die Geschwindigkeit $v(t)$ zum Zeitpunkt t aus

$$v(t) = v(0) + \int_0^t a(t) dt \quad (2)$$

ergibt. $s(0)$ ist die vom Fahrzeug zum Zeitpunkt $t = 0$ zurückgelegte Strecke, dementsprechend ist $v(0)$ die Geschwindigkeit und $a(0)$ die Beschleunigung des Fahrzeugs zum Zeitpunkt $t = 0$. Daraus folgt

$$s(t) = s(0) + \int_0^t v(0) dt + \int_0^t \int_0^t a(t) dt dt, \quad (3)$$

woraus sich wegen $v(0) = \text{konst.}$ die Beziehung

$$s(t) = s(0) + v(0)t + \int_0^t \int_0^t a(t) dt dt \quad (4)$$

ergibt. Weiterhin wird angenommen, dass die Beschleunigung $a(t)$ des Fahrzeugs zu jedem Zeitpunkt t den konstanten Wert $a(0)$ besitzt. In diesem Fall ergibt sich

$$s(t) = s(0) + v(0)t + \frac{1}{2} a(0)t^2, \quad (5)$$

bzw. aus Gleichung (2)

$$v(t) = v(0) + a(0)t. \quad (6)$$

Dem Fahrzeug soll nun ein weiteres Fahrzeug vorausfahren, wobei das vorausfahrende Fahrzeug nachfolgend mit dem Index „v“ gekennzeichnet wird. Die Relativgeschwindigkeit $v_{\text{rel}}(t)$ zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zum Zeitpunkt t wird durch

$$v_{\text{rel}}(t) = v(t) - v_v(t) \quad (7)$$

definiert. Die Relativgeschwindigkeit $v_{\text{rel}}(t)$ ist also positiv, wenn sich das Fahrzeug an das vorausfahrende Fahrzeug annähert. Mit Gleichung (6) ergibt sich

$$v_{\text{rel}}(t) = v_{\text{rel}}(0) + a_{\text{rel}}(0)t \quad . \quad (8)$$

In entsprechender Weise wird eine Relativbeschleunigung $a_{\text{rel}}(t)$ zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zum Zeitpunkt t definiert,

$$a_{\text{rel}}(t) = a(t) - a_v(t) \quad . \quad (9)$$

Der Abstand $d(t)$ zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zum Zeitpunkt t ergibt sich aus

$$d(t) = d(0) - s(t) + s_v(t) \quad ,$$

woraus aufgrund der Gleichungen (5) und (8) die Beziehung

$$d(t) = d(0) - v_{\text{rel}}(0)t - \frac{1}{2} a_{\text{rel}}(0)t^2 \quad (10)$$

folgt.

Im folgenden sei mit t_{tc} diejenige Zeit bezeichnet, die vergehen muss, bis es zum Auffahren des Fahrzeugs auf das vorausfahrende Fahrzeug kommt („time-to-crash“).

Weiterhin wird vereinfachend angenommen, dass die Beschleunigungen von Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zeitlich konstant sind. Aufgrund dieser Vereinfachung sind bei der Bestimmung der Zeit t_{tc} zwei Fälle zu unterscheiden:

- Im ersten Fall fährt das Fahrzeug auf das noch fahrende vorausfahrende Fahrzeug auf.

- Im zweiten Fall kommt das vorausfahrende Fahrzeug noch vor dem Auffahren des Fahrzeugs auf das vorausfahrende Fahrzeug zum Stillstand.

Im zweiten Fall würde aufgrund der als zeitlich konstant angenommenen Beschleunigungen das vorausfahrende Fahrzeug seine Bewegungsrichtung umkehren, nachdem es zum Stillstand gekommen ist. In der Realität ist das natürlich nicht der Fall. In diesem Fall wäre eine unnötig frühe Auslösung eines selbsttätigen Notbremsvorgangs die Folge. Um dies zu vermeiden, müssen der erste und der zweite Fall getrennt behandelt werden, wobei im zweiten Fall die Beschleunigung a_v des vorausfahrenden Fahrzeugs ab dessen Stillstandszeitpunkt Null beträgt.

Generell erfolgt ein Auffahren auf das vorausfahrende Fahrzeug, wenn der Abstand $d(t)$ zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zu Null wird.

Im ersten Fall ergibt sich daher die Zeit t_{tc} bis zum Auffahren auf das vorausfahrende Fahrzeug wegen Gleichung (10) zu

$$a_{rel}(0)t_{tc}^2 + 2v_{rel}(0)t_{tc} - 2d(0) = 0 \quad . \quad (11)$$

Ist $a_{rel}(0) = 0$, aber $v_{rel}(0) \neq 0$, so gilt außerdem

$$t_{tc} = \frac{d(0)}{v_{rel}(0)} \quad . \quad (12)$$

Damit ist

$$\begin{cases} t_{tc} > 0, & \text{falls } v_{rel}(0) > 0 \\ t_{tc} < 0, & \text{falls } v_{rel}(0) < 0 \end{cases} \quad . \quad (13)$$

Die Lösung der quadratischen Gleichung (11) lautet

$$(t_{tc})_{1,2} = -\frac{v_{rel}(0)}{a_{rel}(0)} \pm \sqrt{\frac{v_{rel}^2(0)}{a_{rel}^2(0)} + \frac{2d(0)}{a_{rel}(0)}} \quad . \quad (14)$$

Im zweiten Fall ist die Zeit $t_{\text{still},v}$ bis zum Stillstand des vorausfahrenden Fahrzeugs entsprechend Gleichung (6) für $v_v(0) \geq 0$ durch

$$t_{\text{still},v} = \begin{cases} -\frac{v_v(0)}{a_v(0)}, & \text{falls } a_v(0) < 0 \\ \infty, & \text{falls } a_v(0) \geq 0 \end{cases} \quad (15)$$

gegeben. Für den Abstand $d(t)$ zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zum Zeitpunkt $t_{\text{still},v}$ gilt damit nach Gleichung (10)

$$d(t_{\text{still},v}) = d(0) + v_{\text{rel}}(0) \frac{v_v(0)}{a_v(0)} - \frac{1}{2} a_{\text{rel}}(0) \left(\frac{v_v(0)}{a_v(0)} \right)^2. \quad (16)$$

Für den Abstand $d(t)$ zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zu einem beliebigen Zeitpunkt $t \geq t_{\text{still},v}$ gilt

$$d(t) = d(t_{\text{still},v}) - v(t_{\text{still},v}) (t - t_{\text{still},v}) - \frac{1}{2} a(t_{\text{still},v}) (t - t_{\text{still},v})^2. \quad (17)$$

Gemäß Gleichung (6) ist

$$v(t_{\text{still},v}) = v(0) + a(0)t_{\text{still},v} \stackrel{(15)}{=} v(0) - a(0) \frac{v_v(0)}{a_v(0)}. \quad (18)$$

Weiterhin gilt aufgrund der getroffenen Annahme konstanter Beschleunigungen

$$a(t_{\text{still},v}) = a, \quad (19)$$

und damit

$$d(t) = d(t_{\text{still},v}) - (v(0) - a(0) \frac{v_v(0)}{a_v(0)}) (t - t_{\text{still},v}) - \frac{1}{2} a(0) (t - t_{\text{still},v})^2. \quad (20)$$

Ein Auffahren auf das vorausfahrende Fahrzeug erfolgt, wenn der Abstand $d(t)$ zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zu Null wird. Damit bestimmt sich die Zeit $t_{tc} - t_{still,v}$ zwischen Stillstand des vorausfahrenden Fahrzeugs und dem Auffahren des Fahrzeugs auf das vorausfahrende Fahrzeug zu

$$a(0) (t_{tc} - t_{still,v})^2 + 2(v(0) - a(0) \frac{v_v(0)}{a_v(0)}) (t_{tc} - t_{still,v}) - 2d(t_{still,v}) = 0 . \quad (21)$$

Ein selbsttätiger Notbremsvorgang zur Vermeidung eines Auffahrens des Fahrzeugs auf das vorausfahrende Fahrzeug ist auszulösen, wenn der Abstand $d(0)$, die Relativgeschwindigkeit $v_{rel}(0)$, die Beschleunigung $a(0)$ des Fahrzeugs und die Beschleunigung $a_v(0)$ des vorausfahrenden Fahrzeugs in einem bestimmten Zusammenhang zueinander stehen. Um diesen Zusammenhang zu ermitteln, wird in einem ersten Schritt die zur Vermeidung eines Auffahrens erforderliche Notbremsverzögerung a_{NB} bestimmt. Der selbsttätige Notbremsvorgang erfolgt mit dem Ziel, mit seiner Beendigung eine vorgegebene Zielrelativgeschwindigkeit $v_{rel,z} = 0$ und einen vorgegebenen Zielsicherheitsabstand d_z zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zu erreichen. Der Zielsicherheitsabstand d_z kann hierbei gleich Null sein, wird aber in der Regel der Sicherheit wegen größer als Null angesetzt, beispielsweise in der Größenordnung einiger Meter.

Im ersten Fall behält das vorausfahrende Fahrzeug aufgrund der vereinfachenden Annahme konstanter Beschleunigungen seine Beschleunigung a auch nach Beendigung des selbsttätigen Notbremsvorgangs bei. Die Notbremszeitdauer t_{NB} ist wegen Gleichung (8) gegeben durch

$$t_{NB} = - \frac{v_{rel}(0)}{a_{rel,NB}} , \quad (22)$$

mit der relativen Notbremsverzögerung

$$a_{\text{rel,NB}} = a_{\text{NB}} - a_v(0) . \quad (23)$$

Für den Abstand $d(t)$, der sich bei Beendigung des selbsttätigen Notbremsvorgangs ergibt, gilt nach Gleichung (10)

$$d(t_{\text{NB}}) = d(0) + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{rel}}^2(0)}{a_{\text{rel,NB}}} . \quad (24)$$

Gleichsetzen mit d_z ergibt für die erforderliche Notbremsverzögerung a_{NB}

$$a_{\text{NB}} = a_v(0) - \frac{v_{\text{rel}}^2(0)}{2(d(0) - d_z)} . \quad (25)$$

Erfindungsgemäß ist die Notbremsverzögerung a_{NB} vorgegeben. In diesem Fall lässt sich Gleichung (25) durch Umformung übersichtlicher darstellen,

$$2(a_{\text{NB}} - a_v(0)) (d(0) - d_z) = -v_{\text{rel}}^2(0) . \quad (26)$$

Es ist also im ersten Fall ein selbsttätiger Notbremsvorgang auszulösen, wenn der in Gleichung (25) oder (26) beschriebene Zusammenhang erfüllt ist.

Im zweiten Fall kommt das vorausfahrende Fahrzeug noch vor Beendigung des selbsttätigen Notbremsvorgangs zum Stillstand. Für den Abstand $d(t)$ zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug gilt aufgrund der Gleichungen (12) und (17) für beliebige Zeiten $t > t_{\text{still,v}}$

$$\begin{aligned} d(t) = d(0) + v_{\text{rel}}(0) \frac{v_v(0)}{a_v(0)} - \frac{1}{2} a_{\text{rel,NB}} \left(\frac{v_v(0)}{a_v(0)} \right)^2 \\ - v(t_{\text{still,v}}) (t - t_{\text{still,v}}) - \frac{1}{2} a_{\text{NB}} (t - t_{\text{still,v}})^2 . \end{aligned} \quad (27)$$

Die Zeitdauer nach Stillstand des vorausfahrenden Fahrzeugs bis zur Beendigung des selbsttätigen Notbremsvorgangs ist wegen Gleichung (18) durch

$$t - t_{\text{still,v}} = - \frac{v(0) - a_{\text{NB}} \frac{v_v(0)}{a_v(0)}}{a_{\text{NB}}} \quad (28)$$

gegeben. Damit und mit Gleichung (27) ergibt sich

$$d(t) = d(0) + v_{\text{rel}}(0) \frac{v_v(0)}{a_v(0)} - \frac{1}{2} a_{\text{rel,NB}} \left(\frac{v_v(0)}{a_v(0)} \right)^2 + \frac{(v(0) - a_{\text{NB}} \frac{v_v(0)}{a_v(0)})^2}{2a_{\text{NB}}} \quad (29)$$

Durch Ausmultiplizieren folgt daraus

$$d(t) = d(0) + v_{\text{rel}}(0) \frac{v_v(0)}{a_v(0)} + \frac{v^2(0)}{2a_{\text{NB}}} - v(0) \frac{v_v(0)}{a_v(0)} + \frac{v_v^2(0)}{2a_v(0)} \quad (30)$$

und mit Gleichung (7) schließlich

$$d(t) = d(0) - \frac{v_v^2(0)}{2a_v(0)} + \frac{v^2(0)}{2a_{\text{NB}}} \quad (31)$$

Die erforderliche Notbremsverzögerung a_{NB} ist hier also

$$a_{\text{NB}} = \frac{v^2(0)}{\frac{v_v^2(0)}{a_v(0)} - 2(d(0) - d_z)} \quad (32)$$

Ist die Notbremsverzögerung a_{NB} vorgegeben, lässt sich Gleichung (32) durch Umformung übersichtlicher darstellen,

$$a_{\text{NB}}(v_v^2(0) - 2a_v(0)(d(0) - d_z)) = a_v(0)v^2(0) \quad (33)$$

Es ist also im zweiten Fall ein selbsttätiger Notbremsvorgang auszulösen, wenn der in Gleichung (32) oder (33) beschriebene Zusammenhang erfüllt ist.

Eine beim Ausführungsbeispiel fest vorgegebene Warnzeitdauer t_w vor Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs soll eine Auslösung einer Fahrerwarnung erfolgen. Für die Relativgeschwindigkeit $v_{rel}(0)$ und den Abstand $d(0)$ zum Zeitpunkt der Auslösung der Fahrerwarnung gilt

$$v_{rel}(0) = v_{rel,NB} - a_{rel}(0)t_w , \quad (34)$$

$$d(0) = d_{NB} + t_w v_{rel}(0) + \frac{1}{2} t_w^2 a_{rel}(0) . \quad (35)$$

Hierbei bezeichnen d_{NB} bzw. $v_{rel,NB}$ den Abstand bzw. die Relativgeschwindigkeit zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zum Zeitpunkt der Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs. Werden die Gleichungen (34) und (35) in Gleichung (26) eingesetzt, so ergibt sich im ersten Fall

$$\begin{aligned} & - 2(a_{NB} - a_v(0)) (d(0) - d_z - t_w v_{rel}(0) - \frac{1}{2} t_w^2 a_{rel}(0)) \\ & = (v_{rel}(0) + a_{rel}(0)t_w)^2 , \end{aligned} \quad (36)$$

wobei in Gleichung (26) $d(0)$ durch d_{NB} und $v_{rel}(0)$ durch $v_{rel,NB}$ ersetzt wurde. Daraus folgt

$$\begin{aligned} & a_{rel}(0) (a_{NB} - a(0)) t_w^2 + 2v_{rel}(0) (a_{NB} - a(0)) t_w \\ & - 2a_{rel,NB}(d(0) - d_z) - v_{rel}^2(0) = 0 . \end{aligned} \quad (37)$$

Die Auslösung der Fahrerwarnung erfolgt im ersten Fall, wenn der in Gleichung (37) beschriebene Zusammenhang erfüllt ist.

Weiterhin gilt für die Geschwindigkeiten von Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug

$$v(0) = v_{NB} - a(0)t_w , \quad (38)$$

$$v_v(0) = v_{v,NB} - a_v(0)t_w , \quad (39)$$

wobei v_{NB} bzw. $v_{v,NB}$ die Geschwindigkeit des Fahrzeugs bzw. die des vorausfahrenden Fahrzeugs zum Zeitpunkt der Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs ist.

Werden die Gleichungen (38) und (39) in Gleichung (33) eingesetzt, so ergibt sich im zweiten Fall

$$\begin{aligned} & a_{NB}(0) (v_v(0) + a_v(0)t_w)^2 - 2a_{NB}a_v(0) (d(0) - t_w v_{rel}(0) - \frac{1}{2} a_{rel}(0)t_w^2 - d_z) \\ & = a_v(0) (v(0) + a(0)t_w)^2, \end{aligned} \quad (40)$$

wobei in Gleichung (33) $d(0)$ durch d_{NB} , $v(0)$ durch v_{NB} und $v_v(0)$ durch $v_{v,NB}$ ersetzt wurde. Aus Gleichung (40) folgt

$$\begin{aligned} & (a_{NB}(a_v^2(0) + a_v(0)a_{rel}(0)) - a_v(0)a^2(0))t_w^2 \\ & + 2a_v(0) (a_{NB}v_v(0) - a(0)v(0) + a_{NB}v_{rel}(0))t_w \\ & + a_{NB}v_v^2(0) - a_v(0)v^2(0) - 2a_{NB}a_v(0) (d(0) - d_z) = 0 \end{aligned} \quad (41)$$

und daraus unter Verwendung der Gleichungen (9) und (7)

$$\begin{aligned} & a_v(0)a(0) (a_{NB} - a(0))t_w^2 + 2a_v(0) (a_{NB} - a(0))v(0)t_w \\ & + a_{NB}v_v^2(0) - a_v(0)v^2(0) - 2a_{NB}a_v(0) (d(0) - d_z) = 0. \end{aligned} \quad (42)$$

Die Auslösung der Fahrerwarnung erfolgt also im zweiten Fall, wenn die in Gleichung (42) angegebene Warnbedingung erfüllt ist.

Die Fahrerwarnung soll aus wenigstens zwei Warnstufen bestehen, die zeitlich nacheinander ausgelöst werden, wobei jeder Warnstufe eine vorgegebene Warnstufenzeitdauer zugeordnet ist. Eine vorgegebene Warnstufenzeitdauer t_h vor Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs soll eine Warnstufe ausgelöst werden, in der die Fahrerwarnung in haptisch wahrnehmbarer Weise erfolgt, wiederum eine vorgegebene Warnstufenzeitdauer t_{oa} vor Auslösung der haptischen Fahrerwarnung soll eine weitere Warnstufe ausgelöst werden, in der die Fahrerwar-

nung in optisch und/oder akustisch wahrnehmbarer Weise erfolgt. Die Warnzeitdauer t_w der Fahrerwarnung ist in diesem Fall durch die Summe der vorgegebenen Warnstufenzeitdauer t_{oa} der optischen und/oder akustischen Fahrerwarnung und der vorgegebenen Warnstufenzeitdauer t_h der haptischen Fahrerwarnung gegeben. Die haptische Fahrerwarnung erfolgt in Form einer Teilbremsung des Fahrzeugs mit einer vorgegebenen Teilbremsverzögerung a_{TB} , die kleiner als die vorgegebene Notbremsverzögerung a_{NB} ist. Dementsprechend muss sowohl die Geschwindigkeitsänderung während der optischen und/oder akustischen als auch während der haptischen Fahrerwarnung getrennt berücksichtigt werden.

Der Abstand und die Relativgeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Auslösung der Fahrerwarnung werden durch

$$v_{rel}(0) = v_{rel,NB}(0) - a_{rel}(0)t_{oa} - a_{rel,TB}(0)t_h, \quad (44)$$

$$d(0) = d_{NB} + (t_h + t_{oa})v_{rel}(0) + t_h t_{oa} a_{rel}(0) + \frac{1}{2} t_{oa}^2 a_{rel}(0) + \frac{1}{2} t_h^2 a_{rel,h}(0), \quad (45)$$

mit

$$a_{rel,h}(0) = a_{TB} - a_v(0) \quad (46)$$

beschrieben. Hierbei ist $v_{rel,NB}$ die Relativgeschwindigkeit und d_{NB} der Abstand zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zum Zeitpunkt der Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs. Werden die Gleichungen (44) und (45) in Gleichung (26) eingesetzt, so ergibt sich im ersten Fall

$$\begin{aligned} & - 2(a_{NB} - a_v(0)) (d(0) - (t_{oa} + t_h)v_{rel}(0) - t_h t_{oa} a_{rel}(0) \\ & - \frac{1}{2} t_{oa}^2 a_{rel}(0) - \frac{1}{2} t_h^2 a_{rel,h}(0) - d_z) = (v_{rel}(0) + a_{rel}(0)t_{oa} + a_{rel,h}(0)t_h)^2, \end{aligned} \quad (47)$$

wobei in Gleichung (26) $d(0)$ durch d_{NB} und $v_{rel}(0)$ durch $v_{rel,NB}$ ersetzt wurde. Daraus folgt

$$\begin{aligned}
 & a_{rel}(0) (a_{NB} - a(0)) t_{oa}^2 \\
 & + 2(a_{NB} - a(0)) v_{rel}(0) + (a_{NB} - a_{TB}) a_{rel}(0) t_h t_{oa} \\
 & - 2(a_{NB} - a_v(0)) (d(0) - d_z) + 2(a_{NB} - a_v(0)) v_{rel}(0) t_h \\
 & + (a_{NB} - a_v(0)) a_{rel,h}(0) t_h^2 - (v_{rel}(0) + a_{rel,h}(0) t_h)^2 \\
 & = 0 .
 \end{aligned} \tag{48}$$

Die Auslösung der Fahrerwarnung mit den beiden Warnstufen erfolgt im ersten Fall, wenn die in Gleichung (48) angegebene Warnbedingung erfüllt ist.

Weiterhin gilt für die Geschwindigkeiten von Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zum Zeitpunkt der Auslösung der Fahrerwarnung

$$v_v(0) = v_{v,NB} - a_v(0) (t_{oa} + t_h) , \tag{49}$$

$$v(0) = v_{NB} - a(0) t_{oa} - a_{TB} t_h . \tag{50}$$

Einsetzen der Gleichungen (49), (50) und (45) in Gleichung (33) ergibt im zweiten Fall

$$\begin{aligned}
 & a_{NB} (v_v(0) + a_v(0) (t_{oa} + t_h))^2 \\
 & - 2a_v(0) a_{NB} (d(0) - (t_h + t_{oa}) v_{rel}(0) - t_h t_{oa} a_{rel}(0)) \\
 & - \frac{1}{2} a_{rel}(0) t_{oa}^2 - \frac{1}{2} a_{rel,h}(0) t_h^2 - d_z) \\
 & = a_v(0) (v(0) + a(0) t_{oa} + a_{TB} t_h)^2 ,
 \end{aligned} \tag{51}$$

wobei in Gleichung (33) $d(0)$ durch d_{NB} , $v(0)$ durch v_{NB} und $v_v(0)$ durch $v_{v,NB}$ ersetzt wurde. Daraus folgt

$$\begin{aligned}
 & a_{NB} (v_v(0) + a_v(0) t_h + a_v(0) t_{oa})^2 \\
 & - 2a_v(0) a_{NB} (d - t_h v_{rel}(0) - t_{oa} v_{rel}(0) - t_h t_{oa} a_{rel}(0)) \\
 & - \frac{1}{2} a_{rel}(0) t_{oa}^2 - \frac{1}{2} a_{rel,h}(0) t_h^2 - d_z) \\
 & = a_v(0) ((v(0) + a_{TB} t_h) + a(0) t_{oa})^2
 \end{aligned} \tag{52}$$

und schließlich

$$\begin{aligned}
 & a_v(0)a(0) (a_{NB} - a(0))t_{oa}^2 \\
 & + (2a_{NB}a_v(0) (v_v(0) + a_v(0)t_h) + 2a_{NB}a_v(0)v_{rel}(0) + 2a_{NB}a_v(0)a_{rel}(0)t_h \\
 & - 2a_v(0)a(0) (v(0) + a_{TB}t_h))t_{oa} + a_{NB}(v_v(0) + a_v(0)t_h)^2 - 2a_{NB}a_v(0) (d(0) - d_z) \\
 & + 2a_{NB}a_v(0)t_h v_{rel}(0) + a_v(0)a_{NB}a_{rel,h}(0)t_h^2 - a_v(0) (v(0) + a_{TB}t_h)^2 = 0 .
 \end{aligned}
 \tag{53}$$

Gleichung (53) kann weiter vereinfacht werden,

$$\begin{aligned}
 & a_v(0)a(0) (a_{NB} - a(0))t_{oa}^2 \\
 & + (2a_{NB}a_v(0) (v(0) + a(0)t_h) - 2a_v(0)a(0) (v(0) + a_{TB}t_h))t_{oa} \\
 & + a_{NB}(v_v(0) + a_v(0)t_h)^2 - 2a_{NB}a_v(0) (d(0) - d_z) + 2a_{NB}a_v(0)t_h v_{rel}(0) \\
 & + a_v(0)a_{NB}a_{rel,h}(0)t_h^2 - a_v(0) (v(0) + a_{TB}t_h)^2 \\
 & = 0 .
 \end{aligned}
 \tag{54}$$

Die Auslösung der Fahrerwarnung mit den beiden Warnstufen erfolgt also im zweiten Fall, wenn die in Gleichung (54) angegebene Warnbedingung erfüllt ist.

In Fig. 2 ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form eines Flussdiagramms dargestellt. Das Verfahren wird in einem ersten Hauptschritt 60 bei Aktivierung bzw. Deaktivierung der Assistenzfunktion durch den Fahrer des Fahrzeugs gestartet bzw. beendet.

In einem zweiten Hauptschritt 61 wird von der Auswerteeinheit 7 auf Basis des mittels der Sensoreinrichtung 11 ermittelten Abstands d und der Relativgeschwindigkeit v_{rel} zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug und der mittels der Rad-drehzahlsensoren 20 ermittelten Geschwindigkeit v des Fahrzeugs die Geschwindigkeit v_v des vorausfahrenden Fahrzeugs, die Beschleunigung a des Fahrzeugs, die Beschleunigung a_v des vorausfahrenden Fahrzeugs und die Relativbeschleunigung a_{rel} zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug bestimmt. Die zuvor aufgezählten Größen sind hierbei im allgemeinen Funktionen der Zeit t . Weiterhin erfolgt im zweiten Hauptschritt 61

die Vorgabe der Warnzeitdauer t_w , einer ersten vorgegebenen Warnstufenzeitdauer t_{oa} , einer zweiten vorgegebenen Warnstufenzeitdauer t_h , des Zielsicherheitsabstands d_z , der Zielrelativgeschwindigkeit $v_{rel,z}$, der Teilbremsverzögerung a_{TB} , der relativen Teilbremsverzögerung $a_{rel,h}$ und der Notbremsverzögerung a_{NB} . Diese Größen sind hierbei jeweils entweder in fester Weise oder aber einstellbar vorgegeben. Eine Einstellung erfolgt beispielsweise in Abhängigkeit der Fahrzeugmasse, des Bremsbelagreibwerts der Radbremseinrichtungen, der Fahrbahnbeschaffenheit oder der Sichtverhältnisse. Die Notbremszeitdauer t_{NB} kann hierbei aus den zuvor genannten Größen berechnet werden.

In einem dritten Hauptschritt 62 wird überprüft, ob eine durch die Gleichung (48) bzw. (54) gegebene erste Warnstufenbedingung zur Auslösung einer ersten Warnstufe, in der die Fahrerwarnung optisch und/oder akustisch erfolgt, erfüllt ist.

Ist die erste Warnstufenbedingung erfüllt, so wird in einem vierten Hauptschritt 63 die erste Warnstufe der Fahrerwarnung ausgelöst. Gleichzeitig wird ein erster Zeitzähler T_1 gestartet. In der ersten Warnstufe erfolgt die Fahrerwarnung in optisch und/oder akustisch wahrnehmbarer Weise. Eine optische Fahrerwarnung wird beispielsweise in Form aufleuchtender Signale oder Gefahrensymbole oder durch Einblendung der verbleibenden Zeit bis zur Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs mittels der optischen Warneinrichtung 45 umgesetzt. Bei einer akustischen Fahrerwarnung hingegen wird beispielsweise ein Alarmsignal oder einer Sprachwarnung mittels der akustischen Warneinrichtung 46 abgegeben, darüberhinaus ist es beispielsweise vorgesehen, zusätzlich Radio und Telefon stummzuschalten, um eine Ablenkung des Fahrers zu vermeiden.

Ist die erste Warnstufenbedingung hingegen nicht erfüllt, so kehrt der Verfahrensablauf wieder zum zweiten Hauptschritt 61 zurück.

Wird in einem fünften Hauptschritt 64 das Vorliegen eines Abbruchkriteriums - beispielsweise das Vorliegen von Fahreraktivität und/oder eine Verringerung der Auffahrgefahr - festgestellt, so wird in einem ersten Nebenschritt 80 überprüft, ob der erste Zeitzähler T_1 kleiner als die vorgegebene Warnzeitdauer t_w ist. Ist das der Fall, kehrt der Verfahrensablauf solange zum ersten Nebenschritt 60 zurück, bis der erste Zeitzähler T_1 zumindest gleich der vorgegebenen Warnzeitdauer t_w ist. Ist das der Fall, wird in einem nachfolgenden zweiten Nebenschritt 81 die erste Warnstufe der Fahrerwarnung beendet, und der Verfahrensablauf kehrt wieder zum zweiten Hauptschritt 61 zurück. Somit wird die in der ersten Warnstufe erfolgende optische und/oder akustische Fahrerwarnung bis zum Ende der Warnzeitdauer t_w aufrechterhalten, um den Fahrer auf eine potentiell bestehende Auffahrgefahr hinzuweisen. Weitere Warnstufen bzw. der selbsttätige Notbremsvorgang werden aufgrund des erfüllten Abbruchkriteriums nicht ausgelöst.

Ist hingegen das Abbruchkriterium nicht erfüllt, wird in einem siebten Hauptschritt 66 eine zweite Warnstufe der Fahrerwarnung ausgelöst, sobald in einem vorhergehenden sechsten Hauptschritt 65 festgestellt wird, dass der erste Zeitzähler T_1 zumindest gleich der ersten vorgegebenen Warnstufenzeitdauer t_{0a} ist. Ist der erste Zeitzähler T_1 hingegen kleiner als die erste vorgegebene Warnstufenzeitdauer t_{0a} , kehrt der Verfahrensablauf wieder zum fünften Hauptschritt 64 zurück.

In der zweiten Warnstufe erfolgt die Fahrerwarnung in haptisch wahrnehmbarer Weise, und zwar in Form eines Teilbremsvorgangs des Fahrzeugs mit der vorgegebenen Teilbremsverzögerung a_{TB} . Mit Auslösung der zweiten Warnstufe wird gleichzeitig ein zweiter Zeitzähler T_2 gestartet.

In diesem Ausführungsbeispiel wird von insgesamt zwei Warnstufen ausgegangen, aus der die Fahrerwarnung besteht. Denkbar ist auch eine beliebige andere Anzahl von Warnstufen, wo-

bei die Fahrerwarnung jeweils in optisch und/oder akustisch und/oder haptisch wahrnehmbarer Weise erfolgt.

Wird in einem achten Hauptschritt 67 erkannt, dass das Abbruchkriterium - beispielsweise Vorliegen von Fahreraktivität und/oder Verringerung der Auffahrgefahr - erfüllt ist, so wird in einem dritten Nebenschritt 82 die erste Warnstufe und die zweite Warnstufe der Fahrerwarnung beendet, und der Verfahrensablauf kehrt wieder zum zweiten Hauptschritt 61 zurück. Hierbei ist es auch vorstellbar, die erste Warnstufe bis zum Ende der Warnzeitdauer t_w aufrechterhalten, um den Fahrer auf eine potentiell bestehende Auffahrgefahr hinzuweisen.

Ist jedoch das Abbruchkriterium im achten Hauptschritt 67 nicht erfüllt, wird in einem zehnten Hauptschritt 69 die erste und die zweite Warnstufe der Fahrerwarnung beendet und der selbsttätige Notbremsvorgang durch entsprechende Ansteuerung der Bremsmittel 36 und der Antriebsmittel 38 ausgelöst, sobald in einem vorhergehenden neunten Hauptschritt 69 festgestellt wird, dass der zweite Zeitzähler T_2 zumindest gleich der zweiten vorgegebenen Warnstufenzeitdauer t_h ist. Gleichzeitig erfolgt eine Warnung vorausfahrender und/oder hinterherfahrender Fahrzeuge, indem die Leuchteinrichtungen 48 des Fahrzeugs, zu denen beispielsweise die Warnblinker, die Bremslichter oder das Fahr- oder Fernlicht gehören, oder die Fahrzeughupe 47 betätigt werden. Mit Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs wird außerdem ein Notbremszeitzähler T_{NB} gestartet.

In einem elften Hauptschritt 70 wird überprüft, ob der Notbremszeitzähler T_{NB} kleiner als die ermittelte Notbremszeitdauer t_{NB} ist. Solange das nicht der Fall ist, kehrt der Verfahrensablauf zum elften Hauptschritt 70 zurück. Ein bereits ausgelöster selbsttätiger Notbremsvorgang kann also nicht frühzeitig abgebrochen werden. Sobald der Notbremszeitzähler T_{NB} zumindest gleich der ermittelten Notbremszeitdauer t_{NB}

ist, wird in einem vierten Nebenschritt 83 sowohl die erste Warnstufe der Fahrerwarnung als auch der selbsttätige Notbremsvorgang beendet, wobei der Verfahrensablauf anschließend wieder zum zweiten Hauptschritt 61 zurückkehrt.

Das im fünften Hauptschritt 64 und im sechsten Hauptschritt 67 überprüfte Abbruchkriterium wird dann erfüllt, wenn durch Fahreraktivität auf die Aufmerksamkeit des Fahrers geschlossen werden kann, oder wenn durch Verringerung der Auffahrgefahr keine Notsituation mehr besteht. Das Vorliegen von Fahreraktivität wird aufgrund einer Betätigung wenigstens eines der Bedienelemente des Fahrzeugs erkannt, wobei das Bedienelement insbesondere zur Änderung der Längs- oder Querdynamik des Fahrzeugs dient. In Zusammenhang mit einer Änderung der Längs- oder Querdynamik stehen beispielsweise Fahrpedal 8, Bremspedal 9, Kupplungspedal 10 oder Lenkrad 18. Aber auch infolge einer Betätigung des Richtungsgebers 25 kann auf die Aufmerksamkeit des Fahrers geschlossen werden. Im Falle des Fahrpedals 8, des Bremspedals 9, des Kupplungspedals 10 bzw. des Lenkrads 18 ist es zweckmäßig, erst dann auf eine Fahreraktivität zu schließen, wenn die Änderung der Fahrpedalauslenkung l , der Bremspedalauslenkung s , der Kupplungspedalauslenkung w oder des Lenkradwinkels α jeweils einen bestimmten, vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

Eine Verringerung der Auffahrgefahr wird beispielsweise anhand eines mit der Zeit zunehmenden Abstands d zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug und/oder eines mit der Zeit abnehmenden Betrags der Relativgeschwindigkeit v_{rel} zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug erkannt. Auch hier wird beispielsweise das Abbruchkriterium nur dann erfüllt, wenn die Zunahme des Abstands d zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug und/oder die Abnahme der Relativgeschwindigkeit v_{rel} zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug über vorgegebenen Schwellenwerten liegen.

Fig. 2b zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form einer Ergänzung des in Fig. 2a dargestellten Flussdiagramms. Die zweite Warnstufe der Fahrerwarnung wird hier nur dann ausgelöst, wenn in einem ersten Zusatzschritt 65' festgestellt wird, dass eine zugehörige, gegebene zweite Warnstufenbedingung gemäß Gleichung (37) bzw. (42) erfüllt ist. Ist dies nicht der Fall, wird in einem fünften Nebenschritt 84 überprüft, ob der erste Zeitgeber T_1 kleiner als die vorgegebene Warnzeitdauer t_w ist. Ist das der Fall, kehrt der Verfahrensablauf solange zum fünften Nebenschritt 84 zurück, bis der erste Zeitgeber T_1 zumindest gleich der vorgegebenen Warnzeitdauer t_w ist. Ist das der Fall, wird in einem nachfolgenden sechsten Nebenschritt 88 die erste Warnstufe der Fahrerwarnung beendet, und der Verfahrensablauf kehrt wieder zum zweiten Hauptschritt 61 zurück. So wird auch hier die in der ersten Warnstufe erfolgende optische und/oder akustische Fahrerwarnung bis zum Ende der Warnzeitdauer t_w aufrechterhalten, um den Fahrer auf eine potentiell bestehende Auffahrgefahr hinzuweisen.

Fig. 2c zeigt ein weiteres alternatives Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form einer weiteren Ergänzung des in Fig. 2a dargestellten Flussdiagramms. Der selbsttätige Notbremsvorgang wird nur dann ausgelöst, wenn in einem zweiten Zusatzschritt 68' festgestellt wird, ob eine zugehörige, gegebene Notbremsbedingung gemäß Gleichung (37) bzw. (42) erfüllt wird. Ist dies nicht der Fall, wird in einem siebten Nebenschritt 86 die zweite Warnstufe der Fahrerwarnung beendet, und der Verfahrensablauf kehrt wieder zum zweiten Hauptschritt 61 zurück.

Hierbei ist es vorstellbar, die in Fig. 2b und 2c gezeigten Ausführungsbeispiele miteinander zu kombinieren.

Fig. 3 zeigt schließlich eine beispielhafte Darstellung des zeitlichen Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens, unter der Annahme, dass kein Abbruchkriterium erfüllt ist und der

selbsttätige Notbremsvorgang ausgelöst wird. Bei Auslösung der ersten Warnstufe erfolgt die Fahrerwarnung in optisch und/oder akustisch wahrnehmbarer Weise, gleichzeitig wird der erste Zeitzähler T_1 gestartet. Erreicht der erste Zeitzähler T_1 die erste vorgegebene Warnstufenzeitdauer t_{oa} , wird die zweite Warnstufe ausgelöst, die in haptisch wahrnehmbarer Weise in Form eines Teilbremsvorgangs erfolgt. Gleichzeitig wird der zweite Zeitzähler T_2 gestartet. Die erste Warnstufe der Fahrerwarnung wird weiterhin aufrechterhalten, wobei es auch denkbar ist, diese mit Auslösung der zweiten Warnstufe zu beenden. Erreicht der zweite Zeitzähler die zweite vorgegebene Warnstufenzeitdauer t_h , wird die zweite Warnstufe und gegebenenfalls auch die erste Warnstufe der Fahrerwarnung beendet und der selbsttätige Notbremsvorgang ausgelöst. Gleichzeitig wird der Notbremszeitzähler T_{NB} ausgelöst. Erreicht der Notbremszeitzähler T_{NB} die ermittelte Notbremszeitdauer t_{NB} , wird die erste Warnstufe der Fahrerwarnung und der selbsttätige Notbremsvorgang beendet.

DaimlerChrysler AG

Patentansprüche

1. Verfahren zur Auslösung eines selbsttätigen Notbremsvorgangs eines Fahrzeugs zur Vermeidung eines Auffahrens des Fahrzeugs auf ein vorausfahrendes Fahrzeug bzw. zur Verminderung der Auffahrfolgen, wobei eine Fahrerwarnung ausgelöst wird, wenn zumindest eine vorgegebene Warnbedingung erfüllt ist,
- 5
- 10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- dass die Erfüllung der Warnbedingung angibt, dass aufgrund der unter Berücksichtigung der ermittelten Beschleunigung (a) des Fahrzeugs und/oder der ermittelten Relativbeschleunigung (a_{rel}) zwischen Fahrzeug und voraus-
- 15 fahrendem Fahrzeug gegebenen momentanen Fahrsituation des Fahrzeugs und einer vorgegebenen Notbremsverzögerung (a_{NB}) bei Ablauf einer vorgegebenen Warnzeitdauer (t_w) der selbsttätige Notbremsvorgang auszulösen ist, mit dem Ziel, mit Beendigung des selbsttätigen Notbremsvorgangs
- 20 eine vorgegebene Zielrelativgeschwindigkeit ($v_{rel,z}$) und/oder einen vorgegebenen Zielsicherheitsabstand (d_z) zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zu erreichen.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- dass die Fahrerwarnung in für den Fahrer des Fahrzeugs optisch und/oder akustisch und/oder haptisch wahrnehmbarer Weise erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass eine haptisch für den Fahrer des Fahrzeugs wahrnehm-
bare Fahrerwarnung in Form eines Teilbremsvorgangs des
5 Fahrzeugs mit einer vorgegebenen Teilbremsverzögerung
(a_{TB}) erfolgt, wobei die vorgegebene Teilbremsverzögerung
(a_{TB}) kleiner als die vorgegebene Notbremsverzögerung
(a_{NB}) ist.
- 10 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der selbsttätige Notbremsvorgang nur dann ausgelöst
wird, wenn eine gegebene Notbremsbedingung erfüllt wird
und die vorgegebene Warnzeitdauer (t_w) abgelaufen ist.
- 15 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Notbremsverzögerung (a_{NB}) fest oder einstellbar
vorgegeben ist.
- 20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Warnzeitdauer (t_w) fest oder einstellbar vorge-
geben ist.
- 25 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Zielrelativgeschwindigkeit ($v_{rel,z}$) fest oder
einstellbar vorgegeben ist.
- 30 8. Verfahren nach Anspruch 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Wert einer fest vorgegebenen Zielrelativge-
schwindigkeit ($v_{rel,z}$) zwischen Fahrzeug und vorausfahren-
dem Fahrzeug in etwa Null beträgt.
- 35

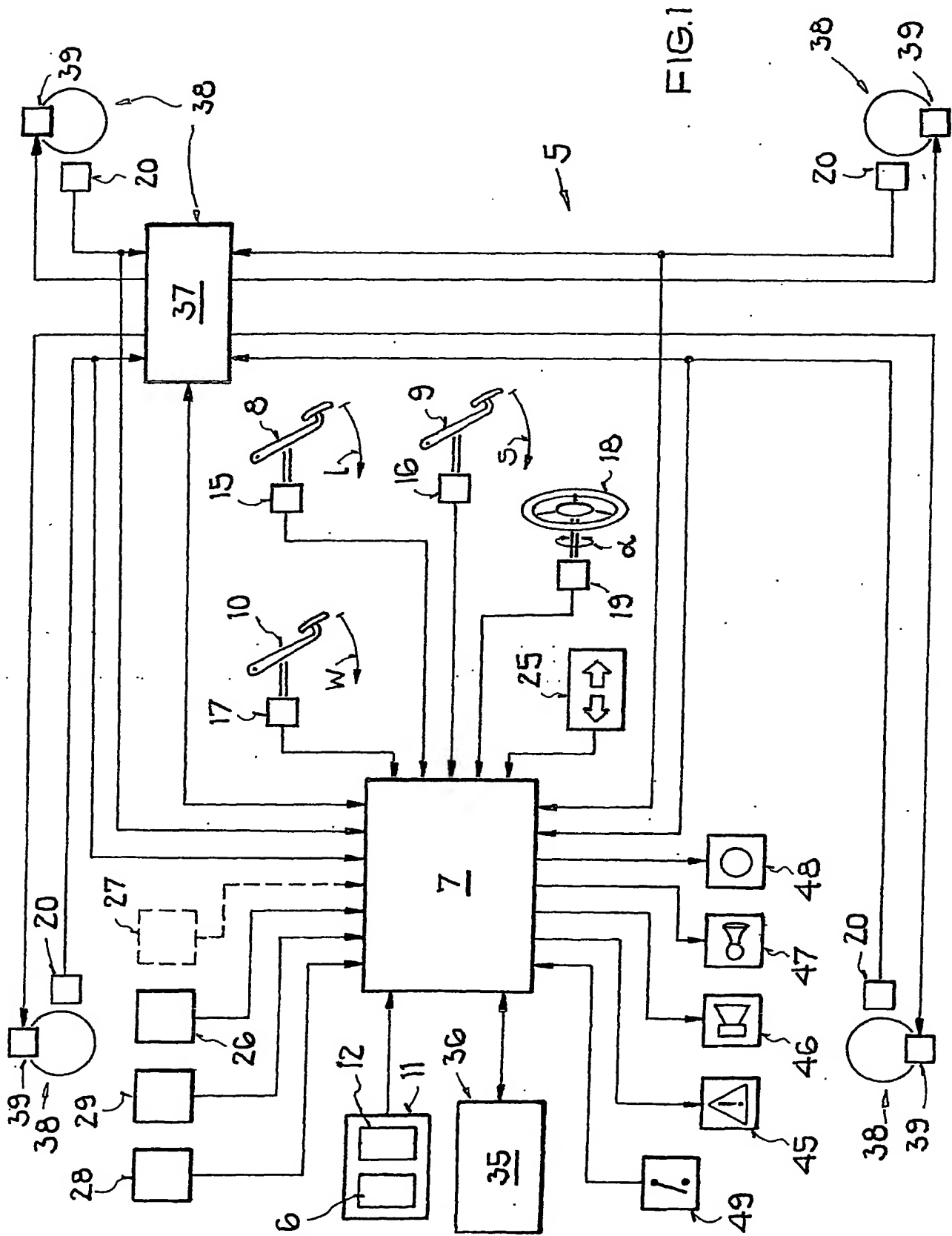
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Zielsicherheitsabstand (d_z) fest oder einstell-
bar vorgegeben ist.
- 5
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Vorliegen von Fahreraktivität und/oder bei Ver-
ringerung der Auffahrgefahr die Auslösung der Fahrerwar-
nung unterbleibt.
- 10
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei Vorliegen von Fahreraktivität und/oder bei Ver-
ringerung der Auffahrgefahr eine bereits ausgelöste Fah-
rerwarnung beendet und/oder verändert wird und/oder die
Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs unterbleibt.
- 15
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass der selbsttätige Notbremsvorgang automatisch bei Ab-
lauf der vorgegebenen Warnzeitdauer (t_w) ausgelöst wird,
sofern die Fahrerwarnung nicht während der vorgegebenen
Warnzeitdauer (t_w) abgebrochen wird.
- 20
- 25
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein bereits ausgelöster selbsttätiger Notbremsvor-
gang abgebrochen wird, wenn eine ermittelte Notbremszeit-
dauer (t_{NB}) und/oder wenn die vorgegebene Zielrelativge-
schwindigkeit ($v_{rel,z}$) und der vorgegebene Zielsicher-
heitsabstand (d_z) erreicht sind.
- 30
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Fahrerwarnung aus wenigstens zwei Warnstufen be-
steht, die innerhalb der vorgegebenen Warnzeitdauer (t_w)
- 35

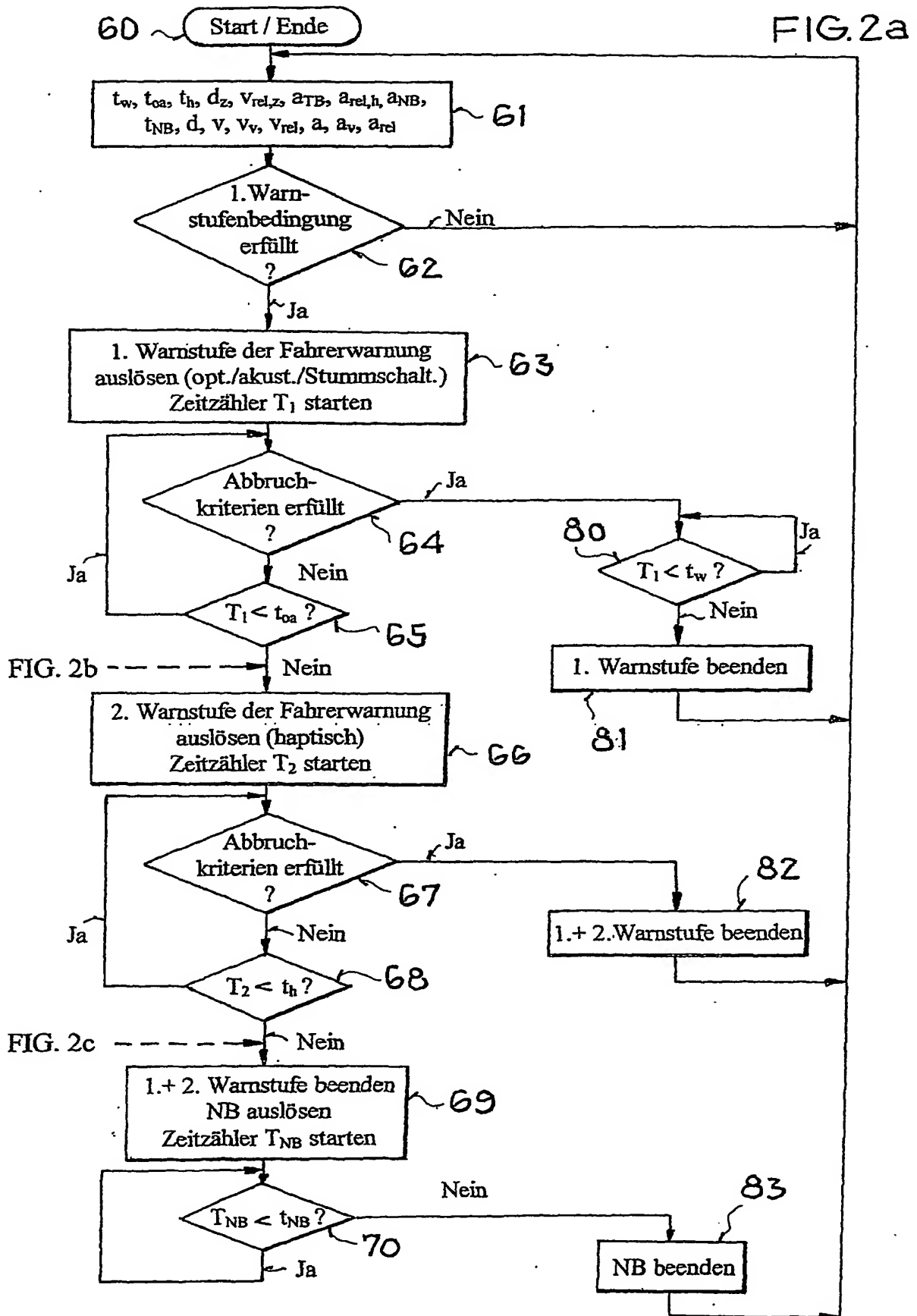
der Fahrerwarnung zeitlich nacheinander ausgelöst werden, wobei jeder Warnstufe eine vorgegebene Warnstufenzeitdauer zugeordnet ist.

- 5 15. Verfahren nach Anspruch 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Warnstufenzeitdauer einer Warnstufe fest oder
einstellbar vorgegeben ist.
- 10 16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass nach Auslösung einer ersten Warnstufe nur dann we-
nigstens eine weitere Warnstufe ausgelöst wird, wenn eine
der weiteren Warnstufe jeweils zugeordnete, vorgegebene
15 Warnstufenbedingung erfüllt ist.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass bei Vorliegen von Fahreraktivität und/oder bei Ver-
20 ringerung der Auffahrgefahr wenigstens eine der bereits
ausgelösten Warnstufen beendet wird und/oder die Auslö-
sung weiterer Warnstufen unterbleibt.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das Vorliegen von Fahreraktivität aufgrund einer Be-
tätigung wenigstens eines Bedienelements, das insbesonde-
re zur Änderung der Längs- oder Querdynamik des Fahrzeugs
dient, erkannt wird.
- 30 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass eine Verringerung der Auffahrgefahr anhand eines mit
der Zeit zunehmenden Abstands (d) zwischen Fahrzeug und
35 vorausfahrendem Fahrzeug und/oder einer mit der Zeit ab-
nehmenden Relativgeschwindigkeit (v_{rel}) zwischen Fahrzeug
und vorausfahrendem Fahrzeug erkannt wird.

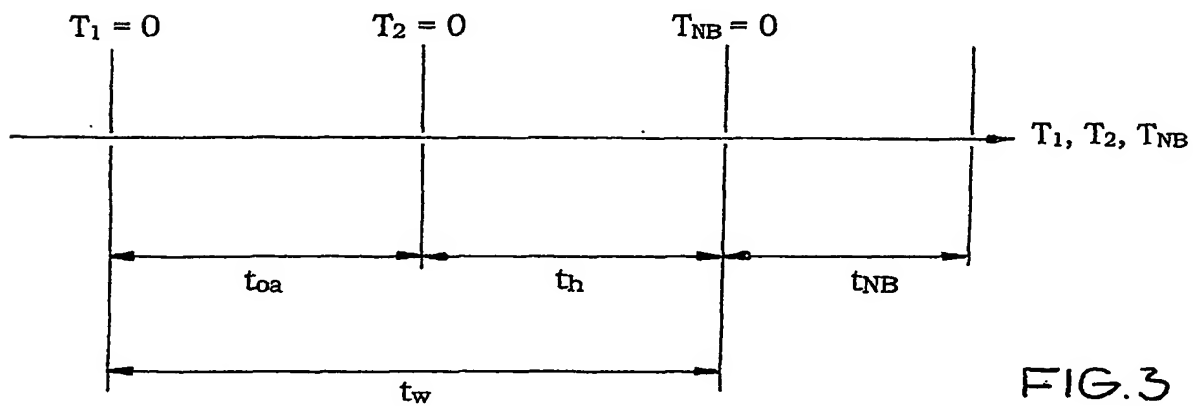
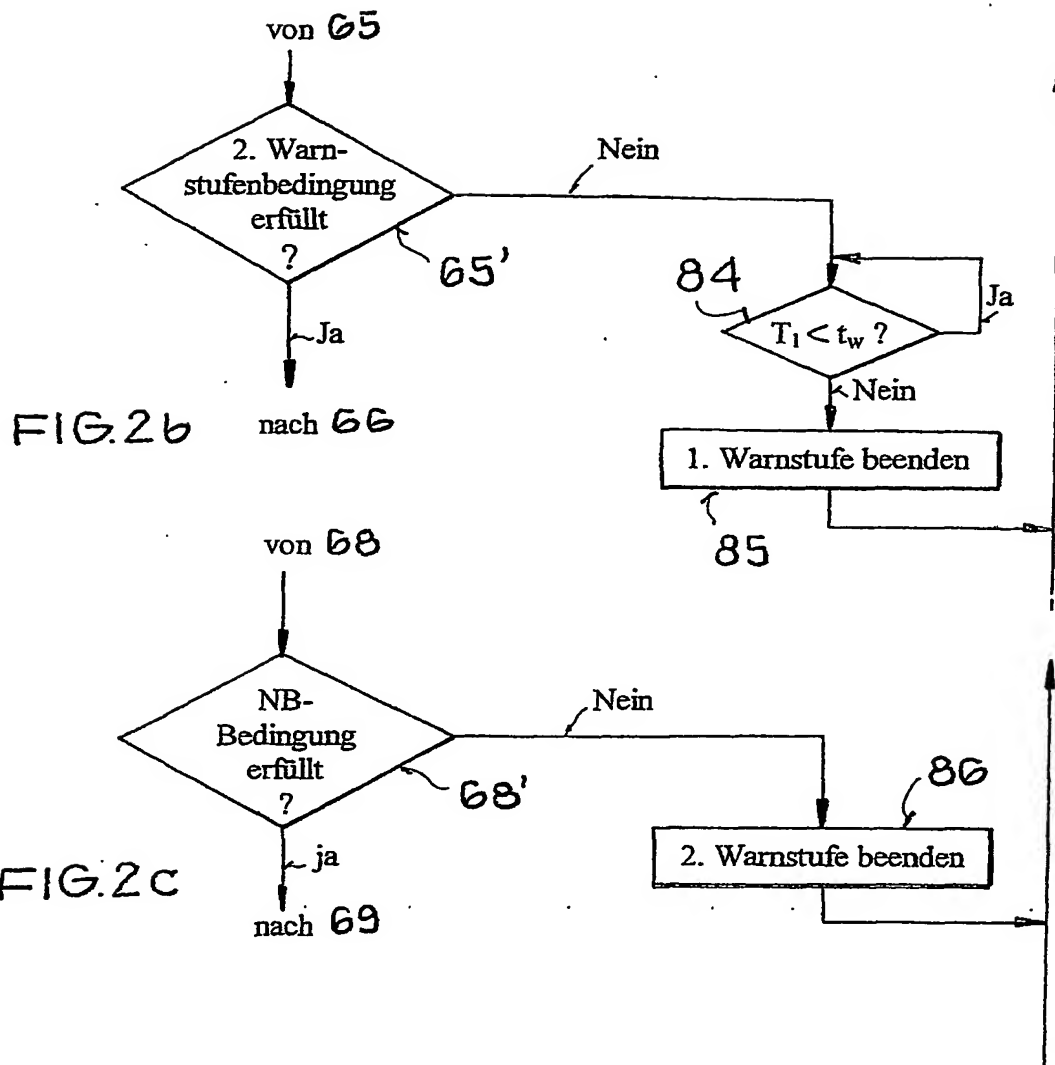
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die momentane Fahrsituation des Fahrzeugs in Abhän-
5 gigkeit des ermittelten Abstands (d) zwischen Fahrzeug
und vorausfahrendem Fahrzeug und/oder der ermittelten Re-
lativgeschwindigkeit (v_{rel}) zwischen Fahrzeug und voraus-
fahrendem Fahrzeug und/oder der ermittelten Geschwindig-
keit (v) des Fahrzeugs und/oder der ermittelten Relativ-
10 beschleunigung (a_{rel}) zwischen Fahrzeug und vorausfahren-
dem Fahrzeug und/oder der ermittelten Beschleunigung (a)
des Fahrzeugs und/oder der Fahrbahnneigung und/oder von
Reibwerten zwischen der Fahrbahn und den Fahrzeugrädern
bestimmt wird.
- 15 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass bei Auslösung des selbsttätigen Notbremsvorgangs ei-
ne Warnung vorausfahrender und/oder hinterherfahrender
20 Fahrzeuge erfolgt.
22. Vorrichtung zur Durchführung eines selbsttätigen Not-
bremsvorgangs eines Fahrzeugs zur Vermeidung eines Auf-
fahrens des Fahrzeugs auf ein vorausfahrendes Fahrzeug
25 bzw. zur Verminderung der Auffahrfolgen, mit einer Aus-
werteeinheit (7), wobei bei Erfüllung einer in der Aus-
werteeinheit (7) abgelegten Warnbedingung von der Auswer-
teeeinheit (7) eine Fahrerwarnung ausgelöst wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
30 dass die Erfüllung der in der Auswerteeinheit (7) abge-
legten, vorgegebenen Warnbedingung angibt, dass aufgrund
der unter Berücksichtigung der ermittelten Beschleunigung
(a) des Fahrzeugs und/oder der ermittelten Relativbe-
schleunigung (a_{rel}) zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem
35 Fahrzeug gegebenen momentanen Fahrsituation des Fahrzeugs
und einer vorgegebenen Notbremsverzögerung (a_{NB}) bei Ab-
lauf einer vorgegebenen Warnzeitdauer (t_w) von der Aus-

5 werteeinheit (7) ein selbsttätiger Notbremsvorgang durch geeignete Ansteuerung von Bremsmitteln (38) des Fahrzeugs auszulösen ist, mit dem Ziel, mit Beendigung des selbsttätigen Notbremsvorgangs eine vorgegebene Zielrelativgeschwindigkeit ($v_{rel,z}$) und/oder einen vorgegebenen Zielsicherheitsabstand (d_z) zwischen Fahrzeug und vorausfahrendem Fahrzeug zu erreichen.





3/3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/09643

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B60K31/00 B60T7/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B60K B60T G08G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02/43029 A (TOYOTA MOTOR CO LTD ; AISIN SEIKI (JP); IGAKI MUNENAGA (JP); KUZUYA KE) 30 May 2002 (2002-05-30) abstract	1,2, 4-20,22
E	-& EP 1 349 131 A (TOYOTA MOTOR CO LTD ; AISIN SEIKI (JP); IGAKI MUNENAGA (JP); KUZUYA KE) 1 October 2003 (2003-10-01) page 10, paragraph 54 - page 21, paragraph 122; figures 16-18,21	1,2, 4-20,22
X	US 5 410 484 A (KUNIMI TAKASHI ET AL) 25 April 1995 (1995-04-25) column 4, line 30 - column 5, line 10 column 6, line 16 - column 6, line 21; figure 4 ----- -/-	1,2,4-6, 10,11, 18-22

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 February 2004

Date of mailing of the international search report

25/02/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marx, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/09643

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 238 021 B1 (SUGIMOTO YOICHI) 29 May 2001 (2001-05-29) column 4, line 32 - column 4, line 56 column 8, line 10 - column 8, line 48; figure 7	1-6, 20, 22
X	US 5 529 138 A (SHAW JUDY Z Z ET AL) 25 June 1996 (1996-06-25) column 14, line 52 - column 15, line 35	1, 2, 4-6, 11, 13, 14, 18-20, 22
Y	US 4 048 613 A (OZEKI OSAMU ET AL) 13 September 1977 (1977-09-13) column 2, line 57 - column 4, line 53	1-6, 9, 20, 22
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 03, 28 April 1995 (1995-04-28) & JP 6 338000 A (TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC; others: 01), 6 December 1994 (1994-12-06) abstract	1-6, 9, 20, 22
A	EP 0 976 627 A (HONDA MOTOR CO LTD) 2 February 2000 (2000-02-02) column 2, line 50 - column 3, line 14 column 6, line 12 - column 8, line 56; figure 5	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/09643

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 0243029	A	30-05-2002	JP	2002163796 A	07-06-2002
			JP	2002163797 A	07-06-2002
			EP	1349131 A1	01-10-2003
			WO	0243029 A1	30-05-2002
EP 1349131	A	01-10-2003	JP	2002163796 A	07-06-2002
			JP	2002163797 A	07-06-2002
			EP	1349131 A1	01-10-2003
			WO	0243029 A1	30-05-2002
US 5410484	A	25-04-1995	JP	5020964 U	19-03-1993
			JP	4372442 A	25-12-1992
			DE	4218484 A1	10-12-1992
US 6238021	B1	29-05-2001	JP	11348747 A	21-12-1999
			DE	19926744 A1	23-12-1999
US 5529138	A	25-06-1996	US	5314037 A	24-05-1994
US 4048613	A	13-09-1977	JP	928223 C	13-10-1978
			JP	51031422 A	17-03-1976
			JP	53004977 B	22-02-1978
JP 6338000	A	06-12-1994	JP	2928051 B2	28-07-1999
			DE	4418085 A1	24-11-1994
			US	5629669 A	13-05-1997
EP 0976627	A	02-02-2000	JP	11227582 A	24-08-1999
			EP	0976627 A1	02-02-2000
			US	6292753 B1	18-09-2001
			WO	9942347 A1	26-08-1999

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/09643

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B60K31/00 B60T7/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B60K B60T G08G

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 02/43029 A (TOYOTA MOTOR CO LTD ; AISIN SEIKI (JP); IGAKI MUNENAGA (JP); KUZUYA KE) 30. Mai 2002 (2002-05-30) Zusammenfassung	1,2, 4-20,22
E	-& EP 1 349 131 A (TOYOTA MOTOR CO LTD ; AISIN SEIKI (JP); IGAKI MUNENAGA (JP); KUZUYA KE) 1. Oktober 2003 (2003-10-01) Seite 10, Absatz 54 - Seite 21, Absatz 122; Abbildungen 16-18,21	1,2, 4-20,22
X	US 5 410 484 A (KUNIMI TAKASHI ET AL) 25. April 1995 (1995-04-25) Spalte 4, Zeile 30 - Spalte 5, Zeile 10 Spalte 6, Zeile 16 - Spalte 6, Zeile 21; Abbildung 4 ----- -/--	1,2,4-6, 10,11, 18-22

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Februar 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

25/02/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Marx, W

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/09643

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 238 021 B1 (SUGIMOTO YOICHI) 29. Mai 2001 (2001-05-29) Spalte 4, Zeile 32 - Spalte 4, Zeile 56 Spalte 8, Zeile 10 - Spalte 8, Zeile 48; Abbildung 7	1-6,20, 22
X	US 5 529 138 A (SHAW JUDY Z Z ET AL) 25. Juni 1996 (1996-06-25) Spalte 14, Zeile 52 - Spalte 15, Zeile 35	1,2,4-6, 11,13, 14, 18-20,22
Y	US 4 048 613 A (OZEKI OSAMU ET AL) 13. September 1977 (1977-09-13) Spalte 2, Zeile 57 - Spalte 4, Zeile 53	1-6,9, 20,22
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1995, Nr. 03, 28. April 1995 (1995-04-28) & JP 6 338000 A (TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC; others: 01), 6. Dezember 1994 (1994-12-06) Zusammenfassung	1-6,9, 20,22
A	EP 0 976 627 A (HONDA MOTOR CO LTD) 2. Februar 2000 (2000-02-02) Spalte 2, Zeile 50 - Spalte 3, Zeile 14 Spalte 6, Zeile 12 - Spalte 8, Zeile 56; Abbildung 5	1-22

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 03/09643

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0243029 A	30-05-2002	JP 2002163796 A JP 2002163797 A EP 1349131 A1 WO 0243029 A1	07-06-2002 07-06-2002 01-10-2003 30-05-2002
EP 1349131 A	01-10-2003	JP 2002163796 A JP 2002163797 A EP 1349131 A1 WO 0243029 A1	07-06-2002 07-06-2002 01-10-2003 30-05-2002
US 5410484 A	25-04-1995	JP 5020964 U JP 4372442 A DE 4218484 A1	19-03-1993 25-12-1992 10-12-1992
US 6238021 B1	29-05-2001	JP 11348747 A DE 19926744 A1	21-12-1999 23-12-1999
US 5529138 A	25-06-1996	US 5314037 A	24-05-1994
US 4048613 A	13-09-1977	JP 928223 C JP 51031422 A JP 53004977 B	13-10-1978 17-03-1976 22-02-1978
JP 6338000 A	06-12-1994	JP 2928051 B2 DE 4418085 A1 US 5629669 A	28-07-1999 24-11-1994 13-05-1997
EP 0976627 A	02-02-2000	JP 11227582 A EP 0976627 A1 US 6292753 B1 WO 9942347 A1	24-08-1999 02-02-2000 18-09-2001 26-08-1999